

# 分析化学教学体系重构之思考

郭祥群

(厦门大学化学化工学院化学系,厦门大学现代分析科学教育部重点实验室 福建厦门 361005)

**摘要** 结合分析化学学科的发展和化学分析学科的内涵定义,对现行分析化学课程的教学内容进行了分析,指出了现行分析化学课程教学的缺失,提出了以识别与信号传导原理、分析质量控制与保证原理、分析方法原理与技术、分析技术平台等主要知识模块构成分析化学教学体系的设想,并以教学案例进行了初步的探索。

分析化学作为化学学科的最古老的分支学科之一,其核心内容是什么?化学专业的分析化学课程的教学内容应该包含哪些知识点?分析化学课程作为化学专业课程体系的专业基础课程之一,应在学生的专业知识结构的构成中占据哪些位点?正确回答这些问题对从事分析化学教学的教师来讲无疑是重要的。

分析化学的学科内涵,随着分析化学学科自身的发展而发展,分析化学的学科定义与分析化学的研究内容,也随着分析化学学科的发展而变化。引导学生以发展的眼光,正确地、全面地、科学地认识分析化学学科,掌握分析化学发现问题、研究问题、解决问题的基本原理与方法,应是分析化学课程的基本任务。

何谓分析化学?分析化学的任务是什么?在 Kellner R. 等人编著的 *Analytical Chemistry* 中,将分析化学定义为“分析化学是一门发展并运用各种方法、仪器及策略以在时空的维度里获得有关物质组成及性质的信息的一门科学。”<sup>[1]</sup>根据这一定义,不难理解分析化学是一门融合了多学科研究成果的学科。有专家说过,分析化学的全部内容就是吸取当代科学技术的最新成就(包括化学、物理学、数学、电子学、计算机科学、生物学等学科的最新成就),利用物质的一切可以利用的性质,建立表征测量的新方法和新技术(development),最大限度地、在特定的时间与空间点或期间内获取物质的信息(application)。对分析化学的这一属性,人们通常注意到的是它的交叉学科属性和技术的应用属性,而常常忽略了分析化学所具有的应用其他学科的研究成果进行集成创新的属性。在化学、物理学、数学、生物学、电子学、计算机科学等学科的基本原理与物质的基本属性间搭建一座桥梁,进行集成创新,发展新的检测原理与检测方法,是分析化学学科特有的属性。如果将化学、物理学、数学、生物学、电子学、计算机科学及其他学科的基础理论比喻为“建筑材料”,而将分析化学所发展的检测技术比喻为“大楼”,则将“建筑材料”与“大楼”相关联的就是具有“建筑学”作用的分析化学。“建筑材料”是非分析化学的,“大楼”的用户既可以是分析化学的,也可以是非分析化学的(例如,使用分析仪器获取检测数据的其他学科的研究人员)。这里所说的具有“建筑学”作用的分析化学原理就应该是

分析化学特有的、内在的原理。

分析化学课程是化学及相关学科的基础课。从现行各校的教学计划看,分析化学课程不仅对化学系的学生开课,也对环境、生命、药学、医学、材料、食品等学科的学生开课。从人才培养目标定位考虑,在分析化学课程的修课对象中,将要从事分析化学研究的学生只是其中的小部分。也许对大多数学生来讲,关注的是各种分析方法的原理与技术,而对方法发展自身则缺少兴趣。这就如大楼的住户并没有必要具备建筑学与土木学知识一样。但从现代大学教育的通识化、素质化的发展趋势考虑,分析化学特有的、内在的、集成创新的思维方式与研究方法对于化学及其他相关学科人才的知识结构的合理构成是必要。事实上,百余年来,与分析化学或分析仪器相关的诺贝尔奖获得者并不乏非分析化学家。例如,1948年因发展了电泳技术和吸附色谱法并成功地分离出血清蛋白而获奖的瑞典科学家 A. W. K 蒂塞留斯(Ame W. K Tiselius)是一位生物化学家、物理化学家;1952年因发明了分配色谱法和纸色谱法而获奖的获奖者之一,英国科学家 R. L. M. 辛格(Richard L. M. Synge)也是生物化学家<sup>[2]</sup>。

根据分析化学的学科属性,有专家将分析化学的理论分为两类,一类是属于分析化学内在的基础理论(inherent fundamental principles),一类是与其他学科共享的科学技术原理。Valcarcel<sup>[3]</sup>将分析结果的质量属性与分析方法的相关性、基于溯源性要求的标准物质的使用、分析过程、分析方案的设计、分析质量的控制与保证等划分为分析化学内在的基础理论,而共享的理论则是指与分析化学检测原理与检测方法相关的化学、物理学、数学、生物学、电子学、计算机科学等基础理论。这两类原理大体可与分析化学现行教学内容中的分析质量控制与保证原理、分析方法原理与技术(化学分析与仪器分析)相对应。将这样的分类与分析化学的学科内涵作比较,不难发现其间仍有缺失。

其一,分析化学自建立以来,基于集成其他学科研究成果发展的分析方法与技术已不计其数,但其共同的属性均可归纳为识别与信号传导 检测,识别与信号传导 检测构成了分析化学信息论基础(图 1)。图 1 中的待测对象可以是分子、原子、离子,可以是生命体系的细胞或亚细胞单元,也可以是一个化学过程等。激励元(或识别子)指外加的作用力或对待测体系的微扰。激励元(或识别子)可以是化学试剂、生物试剂,可以是电、声、光、磁、热等物理信号,也可以是一个化学过程等。识别是指待测对象对激励元(或识别子)的响应,响应基于的原理可以是化学的(酸碱识别、氧化还原识别、配体/中心离子识别、沉淀/溶解识别、核酸适配子识别等),亦可以是生物学的(抗原/抗体识别、酶/底物识别、受体识别等),也可以是光物理的,等等。激励元(或识别子)的选择应使其对待测体系的扰动尽可能小,待测对象对激励元(或识别子)的响应应尽可能灵敏且具有特异性。识别响应以某种信号传导出。响应信号可以是化学的、生物学的、物理学的、过程的,等等。响应信号传导出的是物质的信息(或质的、或量的、或结构的、或形态的、或过程的,等等)。识别与信号传导过程也可以是多重偶联的,以便获得最易检测的信号。

因此,在现有分析质量控制与保证原理、分析方法原理与技术两大模块的基础上,分析化学教学的内容应增加有关识别与信号传导相关的基础理论(分析化学信息论基础)。

其二,分析化学在推进人类社会进步的过程中,最为重要的功能不仅在于分析化学对例行样品进行的例行分析,同时在于分析化学研究发展的新的检测原理与技术推动了其他学科领

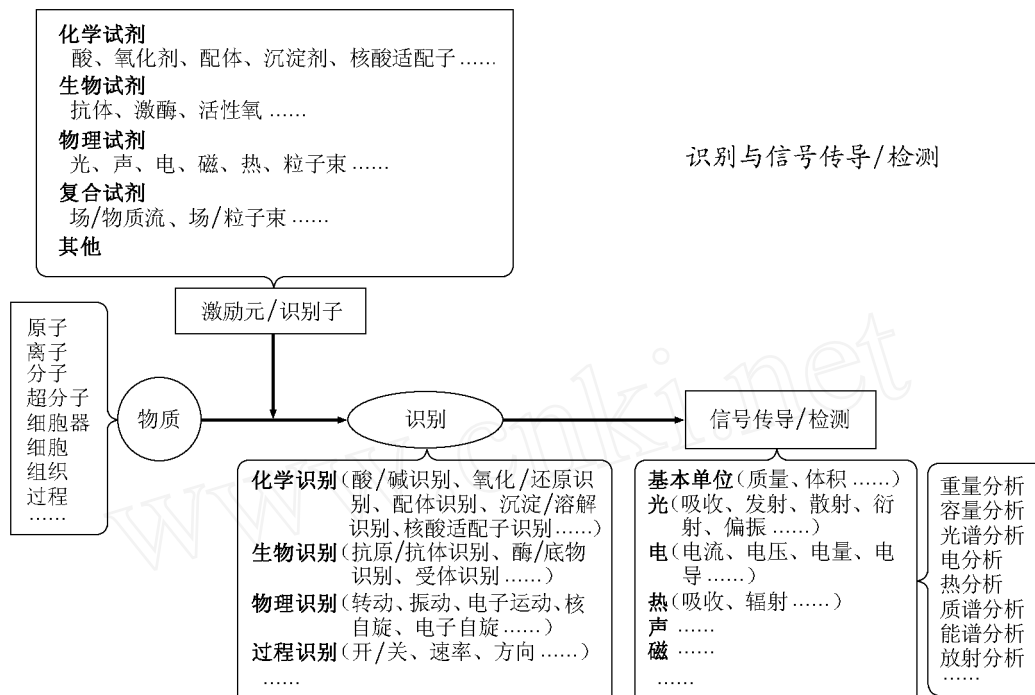


图 1 分析化学信息论基础

域的进步。对研究发展的新方法进行认证,是分析化学的重要任务之一。随着全球经济一体化的形成,分析化学课程教学的这一使命的重要性日益凸显。这是其他课程不能替代的。因此,在现有分析质量控制与保证原理的教学内容中应强化这方面的教学内容。

其三,现代分析化学面对的体系通常不再是单一的组分,而是复杂的生命体系、材料体系、环境体系等。问题的解决往往需要多技术的联用,技术平台在现代分析化学中的作用越来越突出。因此,这部分教学内容应强化,应引导学生注重分析化学对实际问题的解决,可以典型实际问题的案例剖析或讨论等方式进行。

综上所述,笔者提出以识别与信号传导原理、分析质量控制与保证原理、分析方法原理与技术、分析技术平台 4 大基本知识模块重构分析化学课程体系。

在这 4 个知识模块中,分析质量控制与保证原理、分析方法原理与技术(化学分析与仪器分析)是比较成熟的。技术平台部分的教学内容可以根据一些典型的复杂体系,以案例式教学模式进行构建。相比较之,识别与信号传导原理仍需要进行提炼。

现行的分析化学教材无论是侧重于经典分析化学的化学分析还是侧重于现代分析化学的仪器分析,抑或是贯通经典与现代的分析化学,几乎都是按照分析方法进行编排,如滴定分析法(酸碱滴定、络合滴定、氧化还原滴定、沉淀滴定)、重量分析法、电化学分析方法(电位分析法、电解和库仑分析法、伏安法)、光谱分析法(紫外-可见分光光度法、红外光谱法、分子发光分析法、原子光谱法、X射线荧光光谱法、光电子能谱法等)等。这样的教学内容体系,呈现给学生的是繁多的、缺少内在关联的、被动接受的、或经典或现代的分析方法原理与技术。通过这样的课程学习,学生固然可以获得有关经典或现代的分析方法与技术的知识,但却缺乏对分析

化学内在基础理论的认识,缺乏对分析化学学科利用科学发展的最新成果研究建立新的分析方法的创造性思维方式与研究方法的认识。在分析化学教学内容中,增加对识别与信号传导原理知识模块的介绍有利于学生掌握分析化学各类检测方法的内在联系,有利于学生明确分析化学与其他学科(化学的与非化学的)的关系,有利于培养学生的创造性思维和集成创造能力。现从分析化学最基本的酸碱滴定教学中撷取一个案例进行探讨(图2)。

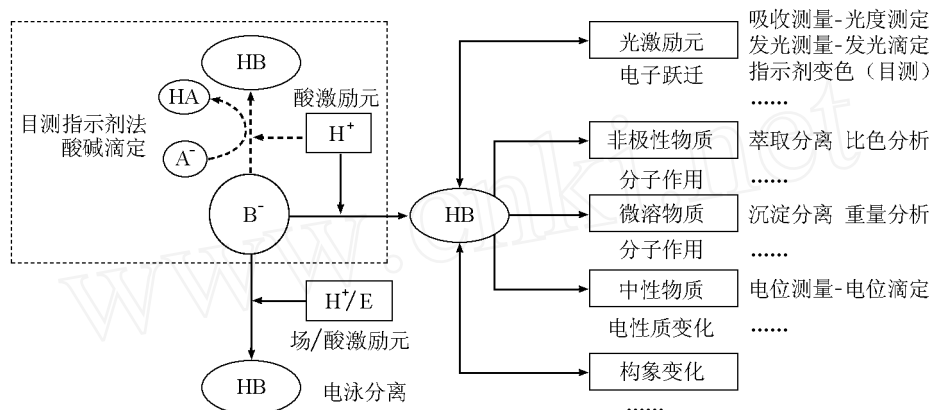


图2 教学案例——化学识别之酸碱识别

酸碱滴定是学生在中学就已经接触到的一个概念。用酸滴定碱,借助于指示剂变色指示终点。在现行的方法罗列的教学体系中,酸碱滴定就只是酸碱滴定,不是别的。从识别与信号传导看,酸碱滴定的基础是酸碱识别,酸碱识别的信号传导可以是基本物理量(体积、浓度),也可以是物理的、化学的,也可以是化学物理的,也可以是化学结构的。这是一个开放的体系。学生可以根据已积累的无机化学、有机化学、生物化学的知识,构建新的识别模式;也可以根据已积累的物理学、电子学的知识,构建新的信号传导模式。这个体系的开放还在于为学生留下了广阔的思考空间。随着知识的积累,学生可以将这一体系进一步拓展,这样的拓展完全有可能超脱现有分析方法与技术的局限,因此体现的是分析化学的内涵发展。

图1所包含的教学内容是丰富的。现代分析化学的最新成就,已积累了丰富的分子(广义的分子)识别与信号传导的理论与实践成果,将这些成就的精髓加以提炼,引进基础分析化学的课堂教学,仍需要深入研究与不断的探索。

本文得到教育部国家精品课程资助项目的支持,特此致谢。

## 参 考 文 献

- 1 Kellner R, Memet J M, Otto M, et al Analytical Chemistry New York: Wiley-Vch, 1998
- 2 王恒,朱幼纹. 诺贝尔科学奖百年百人(化学奖部分). 北京:中国城市出版社, 2000
- 3 Valcarcel M. Anal Chem, 2001, 71: 333 A